



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAIS**

**ANTÔNIO HENRIQUE BARBOSA LIMA**

**AJUSTAMENTO DA SÉRIE DE ACIDENTES**  
**AÉREOS MUNDIAIS ATRAVÉS DOS MODELOS HOLT-WINTERS**

**São Cristóvão – SE**

**Setembro/2014**

**ANTÔNIO HENRIQUE BARBOSA LIMA**

**AJUSTAMENTO DA SÉRIE DE ACIDENTES**

**AÉREOS MUNDIAIS ATRAVÉS DOS MODELOS HOLT-WINTERS**

**Monografia apresentada ao Departamento de Estatística e Ciências Atuariais da Universidade Federal de Sergipe, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel em Estatística.**

**Orientadora: Dra. Suzana Russo**

**São Cristóvão – SE**

**Setembro/2014**

**ANTÔNIO HENRIQUE BARBOSA LIMA**

**AJUSTAMENTO DA SÉRIE DE ACIDENTES**

**AÉREOS MUNDIAIS ATRAVÉS DOS MODELOS HOLT-WINTERS**

**Monografia apresentada ao  
Departamento de Estatística e Ciências  
Atuariais da Universidade Federal de  
Sergipe, como um dos pré-requisitos  
para obtenção do grau de Bacharel em  
Estatística.**

**Aprovada em,**

\_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**Banca Examinadora:**

\_\_\_\_\_  
**Profa. Dra Suzana Leitaó Russo (DECAT/UFS)**  
**Orientadora**

---

**Prof Dr Lázaro de Souto Araújo (DECAT/UFS)**  
**1º Examinador**

\_\_\_\_\_  
**Prof Dr José Augusto de Andrade Filho – IFS**  
**2º Examinador**

## AGRADECIMENTOS

Fim de uma jornada cansativa e difícil até demais. E o mínimo o que tenho a fazer é agradecer a todos que fizeram parte dessa conquista junto comigo. Em primeiro lugar agradeço a Deus por ouvir minhas orações e me abençoar durante todos os dias de estudos, e de viagens. Tenho uma frase que levo comigo sempre: Fé em Deus que tudo vai dar Certo.

O meu muito obrigado de peito aberto aos meus pais Maria Nalva Barbosa Lima e Antônio Pereira Lima, o meu refúgio, as pessoas que depositaram em mim toda a confiança e acreditaram no possível e impossível para realizar não o meu sonho, mas um sonho nosso. A minha esposa Elaine Santos Chaves que me incentivou desde o início do nosso namoro para que eu concluísse dando força sempre pra continuar, e se esforçar cada vez mais. A minha irmã mesmos com seus enjoos também contribui para esta conquista! Eu amo vocês incondicionalmente

A minha família “Barbosa, Lima, Chaves”, que mesmo distante sempre torceram e deram força pra conseguir alcançar meus objetivos, tios, tias, primos. Em especial tia que sempre foi uma segunda mãe.

Aos amigos de infância e de ensino fundamental, Juninho Costa, Arcleydson Barbosa, Monalisa Vilanova, Phillip, Jose Alberto de Andrade Junior, Rosana Cardoso, Dudu Araújo, Ramon Rodrigues, Dácio José, Pedro Rubens, Tony Pereira. A Mimi e Jose Alberto que lá no início deram aquela força pra que tudo desse certo.

Aos colégios São Salvador e Colégio São Francisco de Assis que foram o meu alicerce para que tudo ocorresse bem, a Tia Maruza, Tia Iris, Telminha, Prof Sônia (quem me incentivou a escolher este curso) enfim o meu muito obrigado.

A galera do meu setor de trabalho, Marcelo, Antônio Carlos, Remidio, Nivaldo, Amarildo, Katyhusi, sempre que precisei fazer um permuta no dia de trabalho nunca colocaram um obstáculo sequer para me favorecer. A galera boa do busão Diego, Marciel, Jorge, Gleidson valeu por tornar as viagens menos cansativas.

Aquela turma lá de 2008.1 e da Ufs aos que “sobreviveram”, Mércia Valéria, Thiago Espinola, Gabi, Alysson Doug que foi meu professor no ensino médio e hoje é meu colega de curso, em especial a minha grande amiga Sibelle Sá, e a meu irmão Sidney Barreto que com suas mentiras fizeram das aulas um tanto quanto divertidas. Aos professores do Decat excepcionalmente a minha orientadora Suzana Russo por passar todo seu conhecimento

durante o decorrer do curso. Aos que se formam comigo, Daiane, Erica, Monique alegria imensa em dividir esse momento com vocês.

Em o meu muito a todos que contribuíram de forma direta e indireta para que tudo desse certo!

## **RESUMO**

Este estudo apresenta uma modelagem da série temporal dos dados de acidentes aéreos no período de julho de 2000 até junho de 2013. Os dados foram cedidos pela Direção dos Serviços de Estatística e Censos (DSEC), e foi aplicada uma análise através de modelos de alisamento exponencial. Para tal técnica os modelos de alisamento exponencial utilizaram-se os modelos Holt-Winters aditivo, em que as constantes de alisamento são determinadas de forma a minimizar o erro quadrático médio entre valores previstos e observados; esta análise permitiu a identificação de componentes como sazonalidade e períodos atípicos. Os modelos ajustados se mostraram adequados para traçar previsões das variáveis. O grande número de veículos, a facilidade, menor custo, conforto, tempo de viagem são fatores que influenciam para a utilização deste meio de transporte, porém, o índice de acidentes tem se tornando uma variável considerável quando se trata transportes aéreos. Assim a utilização de métodos estatísticos se tornou necessário para que se pudesse analisar e melhor explicar tais dados obtidos.

Palavras-chave: Series temporais, Transportes, Acidentes Viação, Alisamento Exponencial.

## **ABSTRACT**

This study presents a modeling of time series data of air accidents in the period from July 2000 until June 2013 data were provided by the Directorate of Statistics and Census Service (DSEC), and an analysis was applied by smoothing models exponential. For this technique of exponential smoothing models used the Holt-Winters additive models, in which the smoothing constants are determined to minimize the mean square error between predicted and observed values; this analysis allowed the identification of components such as seasonality and atypical periods. The adjusted models were suitable for plotting forecasts of variables. The large number of vehicles, ease, lower cost, comfort, travel time are factors that influence to use this means of transport, however, the index of TIENTS has become a considerable variable when it comes to air travel. Thus the use of statistical methods became necessary for people to really analyze and explain such data.

Keywords: Time Series, Transportation, Traffic Accidents, Exponential Smoothing.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Percentual do número de acidentes aéreos por mês .....	27
Figura 2 - Figura da série exponencial linear com sazonalidade aditiva da série acidentes aéreo.....	32
Figura 3 – Figura dos resíduos do Modelo exponencial aditivo.....	32
Figura 4 - Figura da normalidade dos dados.....	33



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas de qualidade de previsão.....	19
Tabela 2 - Dados Acidentes Aéreos no período de Junho de 2000 a Julho de 2013.....	23
Tabela 3 - Sumário Estatístico - Modelo não linear sem sazonalidade.....	25
Tabela 4 - Sumário Estatístico - Modelo linear sem sazonalidade.....	25
Tabela 5 - Sumário Estatístico - Modelo sem sazonalidade aditiva.....	26
Tabela 6 - Sumário Estatístico - Modelo com sazonalidade aditiva.....	26
Tabela 7 - Sumário Estatístico - Modelo exponencial com sazonalidade aditiva –Holt.....	27
Tabela 8 - Sumário Estatístico - Modelo não linear com sazonalidade multiplicativa.....	27
Tabela 9 - Sumário Estatístico - Modelo linear com sazonalidade multiplicativa.....	28
Tabela 10 – Sumário Estatístico - Modelo exponencial linear com sazonalidade Multiplicativa.....	28

## SUMÁRIO

1.	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	10
1.2.	<b>OBJETIVOS.....</b>	11
1.3.	<b>JUSTIFICATIVA.....</b>	12
2.	<b>REVISÃO LITERÁRIA.....</b>	13
2.1.	Origem do avião.....	14
2.2.	O uso do avião no brasil.....	14
2.2.1	Regiões onde ocorrem mais acidentes.....	15
3.	<b>METODOLOGIA.....</b>	20
3.1.	<b>FERRAMENTAS ESTATISTICAS UTIL.....</b>	20
	Estatística Descritiva.....	21
	Medidas.....	22
4.	<b>RESULTADOS E DISCURSÕES.....</b>	24
5.	<b>CONCLUSÕES.....</b>	31
6.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	32

## 1. INTRODUÇÃO

Segundo Roberto Carvalho (2010), “*a única parte realmente perigosa da aviação é o trajeto de casa para o aeroporto e vice-versa*”. Para se ter uma idéia, no Brasil morre por ano nas estradas aproximadamente 40.000 pessoas. Só nas estradas federais, em 2009 foram 455 mortos. Na aviação foram 685 fatalidades no mundo todo. (ROBERTO CARVALHO, 2010)

Segundo a revista americana Newsweek, conforme os levantamentos e estudos mais recentes. Apesar do tráfego aéreo cada vez mais intenso, das dificuldades financeiras de muitas companhias do setor e da ameaça constante do terrorismo, a frequência de acidentes envolvendo aviões comerciais segue sendo baixa - afinal, os avanços tecnológicos e operacionais do setor compensam as novas dificuldades. Uma pesquisa divulgada há alguns anos pela revista americana Newsweek mostrou que o transporte aéreo registra média de 0,01 morte a cada 100 milhões de milhas viajadas, enquanto os trens somam 0,04. (ARAÚJO, 2009).

Conforme um levantamento do site especializado PlaneCrashInfo.com, as falhas humanas, sejam elas combinadas a condições meteorológicas adversas, sejam somadas a problemas técnicos., 56% dos acidentes aéreos dos anos 90 ocorreram em função de erro humano - percentual parecido com o registrado nas décadas de 50 e 60, quando a aviação comercial começou a se popularizar. Em 30% dos casos, o erro seria do piloto; em 20%, falha humana motivada por condições adversas; e em 6%, erro motivado por dificuldades com o equipamento. Os aviões de hoje estão menos vulneráveis a quedas causadas por tempo ruim (de 15% nos anos 50 para 8% agora). Cerca de 20% dos desastres são causados por falhas mecânicas 0,94. (ARAÚJO, 2009)

A Europa continua a deter o recorde mundial de segurança, mas não se pode descansar. “No momento em que o tráfego aumenta nos céus europeus e no mundo, devemos prosseguir com nossos esforços para manter e até mesmo aperfeiçoar a segurança aérea”, comentou Patrick Ky, diretor executivo da AESA. (VASCONCELOS, 1985) fala que Trânsito é definido como o “conjunto de todos os deslocamentos diários, feitos pelas calçadas e vias da cidade, e que aparece na rua na forma a movimentação geral de pedestre e veículos”. De acordo ROZESTRATEN, (1988) diz ser “conjunto de deslocamentos de pessoas e veículos nas vias públicas, dentro de um sistema convencional de normas, que tem por fim assegurar a integridade de seus participantes”.

Muito se fala sobre tal meio de transporte, porém esta problemática se diz contrária ao número de voos, pois mesmo com o medo que rondam as pessoas, é de suma importância em um mundo globalizado onde vivemos a utilização do avião como meio de locomoção rápida, pois no mundo no qual vivemos se faz necessário por questão de logística que viajemos de avião.

O número de acidentes vivido pela sociedade atualmente é a engrenagem principal desse trabalho, cuja intenção está em informar e sobre a quantidade de acidentes e mostrar tais dados através de análises estatísticas.

## **1.2. OBJETIVOS**

### **1.2.1 Geral**

O objetivo deste trabalho é estudar o comportamento da série de acidentes Aéreos por meio da análise de séries temporais, verificando o efeito da sazonalidade e tendência. Para que se possa identificar de forma direta ou indireta períodos no qual tais eventos possam estar acontecendo com mais frequência, e mostrar tal realidade através de seu estudo.

### **1.2.2 Específicos**

- Verificar os dados referentes aos acidentes aéreos na área delimitada de estudo;
- Verificar o comportamento das séries;
- Modelar a série do número de acidentes aéreos de junho de 2000 a julho de 2013;
- Analisar os dados coletados utilizando Ajustamento Exponencial.

### **1.3. JUSTIFICATIVA**

Muitas pessoas consideram o transporte aéreo perigoso, por terem de medo de andar de avião. Mesmo sem verificar as más condições das rodovias, o custo benefício, o tempo de viagem, essas pessoas preferem os meios de transportes terrestres, por não terem coragem de enfrentar tal medo. Mas o uso do avião é o meio mais eficaz para o deslocamento de média e longa distância, e o mais seguro meio de transporte. Ultimamente tem aumentado a procura por esse meio de transporte, o que faz com mais pessoas enfrentem seus medos. Por essas considerações, justifica-se o desenvolvimento do tema escolhido, no intuito de demonstrar tais ocorridos e sua situação ao longo dos últimos anos.

## 2. REVISÃO DA LITERARIA

De acordo com Guilherme (2010) com o avanço da tecnologia o acesso a informação esta mais fácil, assim as pessoas se tornaram mais exigentes para que ocorra uma diminuição no número de acidentes, e que busquem melhorias para tal ocorrido.

Por outro lado, com a massificação dos meios de comunicação, a sociedade tem se tornado cada vez mais sensível a tais acidentes e incidentes e exigente quanto à redução da quantidade desses eventos, ou seja, faz-se necessário o aumento da segurança operacional no transporte aéreo. (GUILHERME, 28 de setembro a 01 de outubro de 2010).

Conforme Victor (2011) concluiu em uma das suas pesquisas que o setor aéreo tem feito várias pesquisas, utilizando novas tecnologias para promover um nível de confiança maior, estudando seus principais motivos para assim diminuir tais falhas.

A fim de atender a esta demanda, a atual estratégia do setor aéreo consiste no desenvolvimento e utilização de novos processos e tecnologias capazes de promover o aumento da segurança operacional através de atuação em fatores humanos e aspectos organizacionais, principais causas de acidentes e incidentes aéreos (VICTOR, 2011).

O código Brasileiro de Código Brasileiro de Aeronáutica nos seus artigos 58 e 87 definem diversas possibilidades sobre a circulação e regulamentação do avião e reponsabilidade de algum ocorrido.

Art.58. Art. 15. Por questão de segurança da navegação aérea ou por interesse público, é facultado fixar zonas em que se proíbe ou restringe o tráfego aéreo, estabelecer rotas de entrada ou saída, suspender total ou parcialmente o tráfego, assim como o uso de determinada aeronave, ou a realização de certos serviços aéreos. (LEI, 7565, 1986). Art. 87. A prevenção de acidentes aeronáuticos é da responsabilidade de todas as pessoas, naturais ou jurídicas, envolvidas com a fabricação, manutenção, operação e circulação de aeronaves, bem assim com as atividades de apoio da infraestrutura aeronáutica no território brasileiro (LEI 7565, 1986)

## **2.1 ORIGEM DO AVIÃO**

Segundo Aurélio (2005) O surgimento da aviação é uma das grandes evoluções tecnológicas da humanidade. A criação do avião foi um grande marco para a história, pois ele diminuiu de forma significativa o tempo de viagem entre dois lugares.

O avião teve origem com um brasileiro de ascendência francesa, chamado Alberto Santos Dummont, que teve a vida invadida pelo sonho de voar. Não somente ele, mas também os irmãos norte-americanos Wilbur e Orville Wriqh realizavam inúmeros experimentos de vôo, buscando fazer com que um objeto mais pesado que o ar pudesse voar. Contudo, nessa época já existiam alguns veículos como, por exemplo, os balões e zeppelins, que conseguiam se colocar acima das nuvens baseados nos princípios de Arquimedes, no entanto eles não tinham autonomia para voar, não satisfaziam os sonhos do homem por inúmeros motivos como, por exemplo, o fato de não poder controlar completamente o destino do vôo desses veículos. Foi em 23 de outubro de 1906 que Alberto S. Dummont apresentou um rústico avião a uma comissão julgadora, o 14-Bis, marcando dessa forma a origem da aviação.

As asas de um avião são projetadas e construídas de forma que elas cortem o ar. Quando o avião está em movimento suas asas cortam o ar, fazendo com que a velocidade do ar que passa por cima da asa seja maior do que a velocidade do ar que passa por baixo, fazendo surgir dessa forma, uma força de baixo para cima equilibrando o avião. Ou seja, a pressão do ar na parte de baixo do avião é maior que na parte de cima, empurrando o avião para cima, é essa força que o mantém no ar. Assim, quanto maior o peso do avião maior deve ser a sua velocidade para que ele possa decolar e se manter em equilíbrio no ar.

## **2.2 USO DO AVIÃO PELO MUNDO**

Há uma forte tendência na utilização do transporte aéreo no mundo em países que se encontram em um patamar economicamente privilegiado, países onde a economia, tecnologia estão entrelaçados com o seu desenvolvimento.



### **2.2.1 BRASIL**

No Brasil, em 2001, foram transportados aproximadamente 75 milhões de passageiros, entre embarques e desembarques. Calcula-se que cerca de 10 a 12 milhões de pessoas no País utilizam o transporte aéreo. Ainda é pouco para um País de 170 milhões de habitantes. O que se vê a cada ano é a incorporação de novas levas de passageiros, pois nos últimos anos esse setor tem crescido a taxas de 8% ao ano, o dobro da média mundial (FORNI, 2001).

### **2.2.2 Regiões onde ocorrem mais acidentes**

Da mesma forma que as empresas dos países mais ricos têm padrões de segurança mais elevados, as companhias de regiões menos desenvolvidas trabalham sob circunstâncias desfavoráveis. As áreas mais problemáticas seriam a África, os países da antiga União Soviética e partes da Ásia. As nações africanas têm supervisão frágil da aviação civil e equipamentos deteriorados, além de problemas com o sistema de radares e controle de voo. Na ex-URSS, as aeronaves obsoletas que continuam voando são frequentemente envolvidas em acidentes. Algumas regiões da Ásia também têm dificuldades no monitoramento dos voos. Europa e Estados Unidos têm as melhores marcas, já que sofrem poucos acidentes mesmo realizando um número muito grande de voos. (ARAÚJO, 2009)

## **2.3 SERIES TEMPORAIS**

Define-se uma série temporal, como um conjunto de observações ordenadas no tempo. Uma série temporal pode ser classificada como determinística ou estocástica. Diz-se que é determinística, quando os futuros valores da série podem ser estabelecidos precisamente por uma relação funcional matemática do tipo  $y=f(\text{tempo})$ .

Será dita estocástica, quando seus valores futuros só puderem ser expostos em termos probabilísticos, uma vez que a série está descrita por meio de uma relação funcional que envolve não só o tempo, mas também uma variável aleatória do tipo  $y = f(\text{tempo}, \alpha)$ , onde  $\alpha$  é o tempo aleatório residual, cuja inclusão se torna necessária quando se consegue explicar completamente algum movimento irregular da série através unicamente da relação matemática (RUSSO, 1989).

Segundo Soares (1991), todos os métodos estatísticos de Séries Temporais baseiam-se na ideia de que as observações passadas da série contêm informações sobre o seu padrão de comportamento futuro. A essência desses métodos consiste em identificar o padrão da série, separando-o do ruído contido nas observações individuais, e utilizá-lo para prever os valores futuros da série.

Objetivos da análise de séries temporais (BOX AND JENKINS, 1994).

a) **Descrição** – inicia-se uma análise de séries temporais com a construção de um gráfico mostrando como o fenômeno evolui no tempo. Obtêm-se também medidas descritivas simples de suas características.

b) **Explicação** – tendo-se um conjunto de observações em duas ou mais variáveis, pode ser possível explicar o comportamento de uma função das demais.

c) **Previsão** – a previsão do comportamento futuro da variável constitui um dos principais objetivos da análise de Séries Temporais.

d) **Controle** – quando uma série temporal mede qualidade, o objetivo da análise pode ser de controlar o processo gerador. Uma estratégia de controle sofisticada é ajustar um modelo à série de dados, cálculos e previsões e, então tomar medidas corretivas na série “input” para evitar que a qualidade se afaste de um nível estabelecido.

## 2.4 AJUSTAMENTO EXPONENCIAL

Pode-se considerar ajustamento exponencial como mais uma técnica para prever valores de séries temporais (DOWNING, 1998).

O modelo desenvolvido por Holt e Winters para descrever as técnicas de previsão para séries temporais, isola na série até quatro fatores: nível, tendência linear, fator sazonal e um elemento residual não previsível, às vezes chamado erro aleatório. Na estimação desses fatores, usa-se o método de ajustamento exponencial, também chamado “suavização exponencial”. O nome “suavização” provém do fato de que a série, depois de reduzida a seus componentes estruturais, terá menor número de variações bruscas, mostrando um comportamento mais suave. O termo “exponencial” aparece porque os processos de suavização envolvem medidas aritméticas ponderadas, onde os pesos decrescem exponencialmente na medida em que se avança no passado (SOARES, 1991).

### 2.4.1 Série globalmente constante – sem tendência

O tipo mais simples da série temporal é aquele em que os valores da série flutuam aleatoriamente em torno de um valor fixo, sem apresentar qualquer tendência.

Um modelo razoável para esta série é

$$z_t = \mu + \varepsilon_t \quad (1)$$

Onde  $Z_t$  representa os valores da série  $\mu$ , chamada “suavização exponencial”, consiste em supor que esta constante deve ser uma média ponderada dos valores anteriores da série, onde os pesos decaem exponencialmente na medida em que o tempo de observação fica mais distante do presente. (SOARES, 1991)

Matematicamente temos:

$$\bar{z}_t = \alpha z_t + (1 - \alpha)z_{t-1} + \alpha(1 - \alpha)^2 z_{t-2} + \dots, 0 < \alpha < 1 \quad (2)$$

ou

$$\bar{z}_t = \alpha z_t + (1 - \alpha)\bar{z}_{t-1} \quad (3)$$

onde  $\bar{z}_t$  é denominado “valor exponencial suavizado” e  $\alpha$  é a constante de suavização, Quanto menor for o valor de  $\alpha$ , menor a influencia de valores mais recentes na previsão (SOARES, 1991).

Segundo Downing (1998), podemos escolher o valor de  $\alpha$ . Obviamente, vamos escolher o valor que leve às melhores previsões. Fazer  $\alpha = 1$  significa que nosso valor previsto será sempre igual ao valor efetivo do último período. Isto significa ignorarmos todos os valores passados, exceto o mais recente. Fazer  $\alpha = 0$  significa que nossa previsão será sempre igual ao último valor previsto. Atribuindo  $\alpha$  um valor entre zero e 1, ficamos em uma situação de equilíbrio entre esses dois extremos.

Alguns autores recomendam a escolha de um valor  $\alpha$  no intervalo [0,01;0,3]. Está escolha se baseia no fato de que, na construção de  $\bar{z}_t$  a parte estável  $\bar{z}_{t-1}$  deve predominar. Nada garante, entretanto, que essa seja a melhor opção para todas as séries.

Segundo Soares (1991), uma forma de escolher  $\alpha$  é usar os valores da série entre  $z_{n1}$  e  $z_{n2}$  e procurar o valor de  $\alpha$  que minimize a soma de quadros dos erros, de previsão um passo à frente.

$$SQE = \sum_{t=n1}^{n2} [z_t - \bar{z}_{t-1}]^2 \quad (4)$$

### 2.4.2 Séries que apresentam tendência

A proposta de Holt-Winters é estimar os valores do nível e da tendência da série no instante  $t$  através das seguintes equações:

$$\bar{z}_t = \alpha Z_t + (1 - \alpha)[\bar{z}_{t-1} + T_{t-1}] \quad 0 < \alpha < 1 \quad (5)$$

$$T_t = \beta[z_t - z_{t-1}] + (1 - \beta) T_{t-1} \quad 0 < \beta < 1 \quad (6)$$

onde  $\alpha$  e  $\beta$  são constantes de suavização,  $z_t$  é o valor suavizado no tempo  $t$  e  $T_t$  é o valor estimado da tendência no instante  $t$ . (PEREIRA, 2006)

Na primeira equação  $z_{t-1} + T_{t-1}$  é a melhor estimativa para o nível da série no tempo  $t$ , quando ainda estamos no tempo  $t-1$ . A estrutura da segunda equação fica clara quando observamos que  $z_t - z_{t-1}$  é a nova estimativa da tendência, após a obtenção da observação de ordem  $t$ . (PEREIRA, 2006)

Para usar as equações acima, precisamos de valores iniciais. Usa-se adotar  $z_2 = z_2$  e  $T_2 = z_2 - z_1$ .

As previsões são feitas através da fórmula

$$\bar{Z}_t(h) = z_t + hT_t \quad (7)$$

onde  $\bar{Z}_t(h)$  representa a previsão da observação de ordem  $t+h$  feita no tempo  $t$ . (PEREIRA, 2006)

### 2.4.3 Séries com sazonalidade aditiva

Se a série é formada pela soma de: nível, tendência, um fator sazonal e um erro aleatório, ou seja, se o modelo descreve o comportamento estrutural da série, as projeções dos valores futuros da série são efetuadas por meio da equação. (PEREIRA, 2006)

$$\bar{Z}_t(h) = z_t + hT_t + \bar{F}_{t+h-ks} \quad (8)$$

onde  $t$  é o período atual e  $k = \begin{pmatrix} 1 & \text{se } h < s \\ 2 & \text{se } s < h < 2s \\ ? & \end{pmatrix}$

Portanto, para calcularmos previsões de valores futuros de série, é necessário estimar o nível e a tendência da série no período atual e os valores do fator sazonal correspondente ao último período de sazonalidade. Estas estimativas são efetuadas por meio das seguintes equações:

$$Z_t = A(Z_t - \hat{F}_{t-s}) + (1 - A)(Z_{t-1} + \hat{T}_{t-1}) \quad 0 < A < 1 \quad (9)$$

$$\hat{F}_t = B(Z_t - \bar{Z}_t) + (1 + D)\hat{F}_{t-s} \quad 0 < B < 1 \quad (10)$$

$$\hat{T} = C(Z_t - Z_{t-1}) = (1 - C)\hat{T}_{t-1} \quad 0 < C < 1 \quad (11)$$

onde  $A$ ,  $B$  e  $C$  são constantes de suavização.

Os valores iniciais escolhidos usualmente da seguinte forma:

$$Z_t = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s Z_k \quad \hat{T}_s = 0 \quad (12)$$

$$j = 1, \dots, s \quad \hat{F}_j = Z_j - \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s Z_k \quad (13)$$

#### 2.4.5 Séries com sazonalidade multiplicativa

Consideremos um modelo de série sazonal, de período  $s$ , fator sazonal multiplicativo e tendência aditiva, isto é,

$$Z_t = \mu_t F_t + T_t + \varepsilon_t, \quad t=1 \dots N \quad (14)$$

As projeções dos valores futuros da série se fazem por meio da equação

$$\bar{Z}_t(h) = \bar{Z}_t + h\hat{T}_t + \hat{F}_{t+h-ks} \quad (15)$$

$$k = \begin{pmatrix} 1 & \text{se } h < s \\ 2 & \text{se } s < h < 2s \\ ? & \end{pmatrix} \quad (16)$$

As equações de suavização propostas por Winters são(SOARES,1991):

$$Z_t = A \left[ \frac{Z_t}{\hat{F}_{t-s}} \right] + (1 - A) \bar{Z}_{t-1} + \hat{T}_{t-1} \quad 0 < A < 1, \quad t = s + 1, \dots, n \quad (17)$$

$$Z_t = B \left[ \frac{Z_t}{Z_t} \right] + (1 - B) \hat{F}_{t-s}, \quad 0 < B < 1 \quad (18)$$

$$\hat{T} = C(Z_t - Z_{t-1}) = (1 - C) \hat{T}_{t-1} \quad 0 < C < 1 \quad (19)$$

Os valores iniciais necessários para uso das equações de suavização são tomados como:

$$F_j^* = \frac{Z_t}{\sum_{k=1}^s Z_k} \quad j = 1, 2, \dots, s \quad (20)$$

$$Z_t = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s Z_k \quad \hat{T}_s = 0 \quad (21)$$

Idealmente, em ambas as situações, as constantes de suavização, A, B e C devem ser escolhidas pelo critério de minimização da soma de quadros dos erros (SQE), para efeito de cálculos das constantes, deve ser calculada em intervalo tal que haja um número suficiente de elementos entre a primeira observação da série e o período inicial desse intervalo, para diminuir os efeitos de inicialização (SOARES, 1991).

Os modelos de alisamento exponencial (Chatfield & Yar, 1988) do tipo Holt-Winters aditivo, apresentando as constantes de alisamento e também seus valores previstos graficamente. O modelo Holt-Winters aditivo é definido na Eq. 1.

$$y_t = N_t + T_t + S_t + \varepsilon_t, \quad t = 1, \dots, n \quad (1)$$

Desta maneira, a forma aditiva do algoritmo de Holt-Winters é apresentada nas Eqs. 2, 3 e 4.

$$\hat{N}_t = \alpha (y_t - \hat{S}_{t-s}) + (1 - \alpha) (\hat{N}_{t-1} + \hat{T}_{t-1}), \quad 0 \leq \alpha \leq 1 \quad (2)$$

$$\hat{T}_t = \beta (\hat{N}_t - \hat{N}_{t-1}) + (1 - \beta) \hat{T}_{t-1}, \quad 0 \leq \beta \leq 1 \quad (3)$$

$$\hat{S}_t = \gamma (y_t - \hat{N}_t) + (1 - \gamma) \hat{S}_{t-s}, \quad 0 \leq \gamma \leq 1 \quad (4)$$

**Quadro 1 : Medidas de qualidade de previsão**

Medida	Descrição	Notação
Erro quadrado médio	EQM	$= \frac{1}{h} \sum_{i=1}^h (y_i - \hat{y}_i)^2$
Erro absoluto percentual médio	MAPE	$\frac{1}{h} \sum_{i=1}^h \frac{ y_i - \hat{y}_i }{y_i}$

### **3. METODOLOGIA**

Para a consecução dos objetivos propostos, utilizou-se uma abordagem qualitativa e quantitativa de exploração bibliográfica e documental com o intuito de analisar dados e informações disponíveis acerca dos registros de acidentes aéreos, os dados foram extraídos da DSEC (Direcção dos Serviços de Estatística e Censos) com endereço eletrónico [www.dsec.org](http://www.dsec.org), onde foi coletados os dados de Junho de 2000 a Julho de 2013.

Foi empregado uma análise descritiva, para analisar com mais eficácia o estudo foi aplicado Análise de Series Temporais na série onde serão aplicados modelos de intervenção.

As análises foram realizadas através do software STATISTIC 11 .



#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

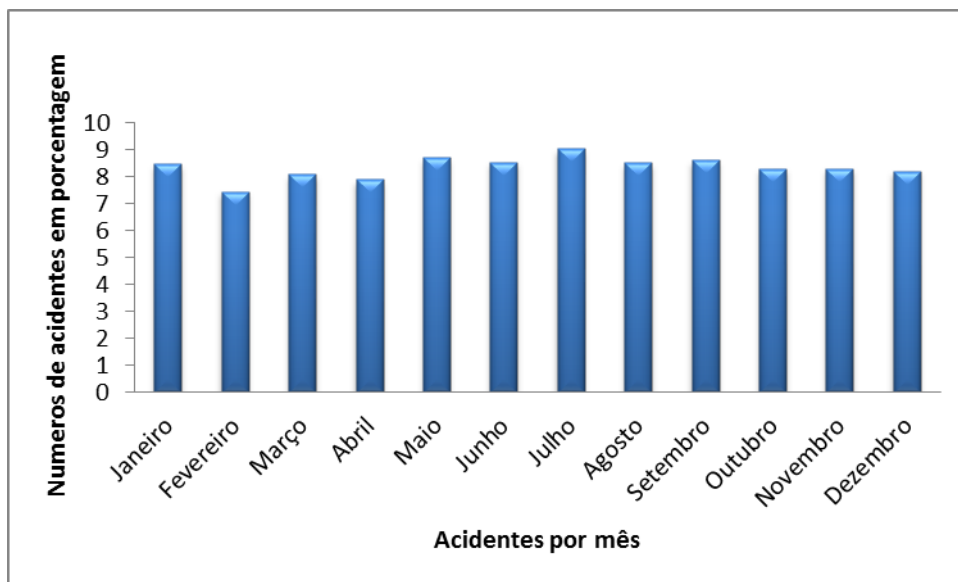
O comportamento das séries ao longo do período observado será analisado primeiramente através de análise exploratória dos dados, logo após analisadas graficamente. Em seguida utilizou-se os métodos exponenciais (Holt-Winters) como ferramenta para prever a curto prazo o números de acidentes aéreos. Para modelagem da série e realização das previsões foi utilizado o software computacional STATISTICA.

**Tabela 2: Dados acidentes aéreos registrados nos períodos de 2000 a 2013**

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Média	CV
<b>Janeiro</b>	686	749	865	1014	1018	1062	1070	1140	1086	1018	1121	1241	1314	1231	1071,462	2144,21
<b>Fevereiro</b>	581	714	749	808	950	959	956	1032	989	935	1074	986	1107	1000	943	1887,132
<b>Março</b>	641	812	835	922	976	1042	1066	1097	1033	1064	918	1150	1199	1209	1024,846	2050,923
<b>Abril</b>	652	746	851	943	959	1056	1041	1003	1043	1012	1035	1034	1104	1174	1000,077	2001,355
<b>Maio</b>	673	849	961	967	1159	1236	1224	1084	1040	1057	1054	1286	1169	1277	1104,846	2211,019
<b>Junho</b>	781	829	852	985	1003	1148	1025	1096	1097	979	1222	1182	1267	1265	1073,077	2147,442
<b>Julho</b>	780	836	864	1027	1128	1230	1208	1160	1254	1077	1154	1150	1341	1407	1093	2187,312
<b>Agosto</b>	630	820	814	1025	1054	1094	1057	1138	1039	1128	1143	1261	1236	1264	1033,769	2068,78
<b>Setembro</b>	664	895	953	991	1084	1139	1076	1124	1038	1046	1110	1103	1244	1401	1035,923	2073,09
<b>Outubro</b>	699	806	843	1033	1075	1129	1050	1102	1030	1069	970	1297	1090	1159	1014,846	2030,911
<b>Novembro</b>	709	871	939	1013	1157	110	1085	986	1115	1084	1148	1176	1308	1418	977	1955,173
<b>Dezembro</b>	782	927	997	1036	1195	1123	1105	1012	1070	1174	1206	1236	1309		1090,15	2181,609
<b>Média</b>	710,7	821	877	980	1063	1027	1080	1081	1070	1174	1096	1297	1224	1407		
<b>CV</b>	387	447	478	534	579	559	588	589	582	639,3	597	706	667	766,2		

Na Tabela 2 observa-se os dados de onde foram feitas as análises, onde na mesmas encontram-se médias por mês por ano, e o coeficiente de correlação, assim o ano onde menos ocorreu acidente foi o mês de fevereiro com 943 acidentes, e no ano de 2000 encontra-se o ano onde menos ocorreu acidentes em media com 710,7 acidentes de media no ano. Observa-se que no mês de Dezembro não se encontra nenhum registro, devido a este fato utilizamos a série apartir de Julho de 2000 a Junho de 2013.

Através da análise exploratória dos dados observa-se que os meses de Janeiro, Julho e Dezembro são o período onde se encontram o maior índice de acidentes com 8,46%, 9,04% e 8,8 % respectivamente, analisando ao longo dos anos, vimos que o mês tem um ligeiro aumento em relação aos demais, segue gráfico para melhor visualização.



**Figura 1 - Percentual de acidentes aéreos relacionado ao mês**

#### 4.1 – Analise do Modelo Não Linear e Sem Sazonalidade

Na Tabela 3 pode-se observar os resultados obtidos através da aplicação do ajustamento exponencial, o modelo abaixo é o não linear e sem sazonalidade. Para verificarmos qual o melhor modelo analisou-se o melhor MAPE e assim encontrou-se o valor de  $\alpha$  que melhor represente o modelo, para este modelo o melhor MAPE foi 6,41 com valor de  $\alpha=0,4$ .

**Tabela 3 - Modelo não Linear sem Sazonalidade**

Alfa	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
<b>0,40000</b>	3,04	1184327	7591,842	6,413051
0,30000	3,8752	1187345	7611,186	6,416024
0,500000	2,55907	1205029	7724,543	6,501623

#### 4.2 – Modelo Linear Sem Sazonalidade

A seguir procede-se o ajustamento exponencial do modelo linear sem sazonalidade, onde foi encontrado o MAPE 5,92%  $\delta=0,1$ , no qual os resultados podem ser observados na Tabela 4.

**Tabela 4 - Modelo Linear sem Sazonalidade**

Gama	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
<b>0,10</b>	<b>60,96</b>	964693,00	6183,93	5,93
0,10	61,80	1017537,00	6522,67	5,98
0,20	61,47	947253,00	6072,14	6,01

#### 4.3 – Modelo Sem Sazonalidade Aditiva

Na Tabela 5, encontrou-se os valores que representam o ajustamento exponencial referente ao modelo sem sazonalidade aditiva, onde o valor do MAPE encontrado foi 5,31 e respectivamente valor para  $\alpha=0,5$  e  $\delta=0,1$ .

**Tabela 5 - Modelo Não Linear Sem Sazonalidade Aditiva**

Alpha	Gama	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
0,40	0,10	53,77	818426,14	5246,32	5,31
<b>0,50</b>	<b>0,10</b>	54,11	818494,85	5246,76	5,31
0,60	0,10	55,11	833916,29	5345,62	5,39

#### 4.4 – Modelo Com Sazonalidade Aditiva

A Tabela 6 constara o resultado do modelo com sazonalidade aditivado ajustamento exponencial valor do MAPE 5,31 e valores de  $\alpha=0,2$ ,  $\delta=0,1$  e  $\Delta=0,1$  como ilustra o quadro 5.

**Tabela 6 - Modelo com Sazonalidade Aditiva**

Alfa	Delta	Gama	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	-0,47	575694,73	3690,35	4,74
0,20	0,10	0,20	-0,39	596137,69	3821,40	4,82
0,30	0,10	0,10	-0,23	601763,54	3857,46	4,79

#### 4.5 – Modelo Exponencial com Sazonalidade Aditiva

Na Tabela 7 encontrado segue o modelo exponencial linear com sazonalidade aditiva, os valores encontrados foram, para o MAPE 4,66 e  $\alpha=0,1$ ,  $\delta=0,2$  e  $\Delta=0,1$ .

**Tabela 7 - Modelo Exponencial com Sazonalidade Aditiva**

Alfa	Delta	Gama	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>	-4,69	570980,92	3660,13	4,66
0,10	0,10	0,10	-6,75	585406,85	3752,61	4,67
0,20	0,10	0,10	-3,85	568767,77	3645,95	4,67

#### 4.6 – Modelo sem Sazonalidade Multiplicativa

Os valores previstos para o quadro 8 os resultados obtidos foram MAPE 5,31 com resultados para os parâmetros  $\alpha = 0,5$  e  $\delta = 0,1$ , para o modelo e sem sazonalidade multiplicativa da série.

**Tabela 8 - Modelo Sem Sazonalidade Multiplicativa**

Alfa	Gama	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
0,40	0,10	2,84	817648,52	5241,34	5,32
<b>0,50</b>	<b>0,10</b>	2,34	816251,48	5232,38	5,31
0,60	0,10	2,01	830315,24	5322,53	5,38

#### 4.7 – Modelo Linear com Sazonalidade Multiplicativa

Na Tabela 9 observou-se os valores relacionado ajustamento da serie do modelo linear com sazonalidade multiplicativa, com valores para o MAPE 4,68 e valores para  $\alpha = 0,2$ ,  $\delta = 0,1$  e  $\Delta = 0,1$ .

**Tabela 9 - Modelo com Sazonalidade Multiplicativa**

Alfa	Delta	Gama	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
0,10	0,10	0,20	-1,28	564314,89	3617,40	4,72
0,10	0,10	0,10	-0,49	579339,54	3713,71	4,72
<b>0,20</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	-0,51	564042,97	3615,66	4,68

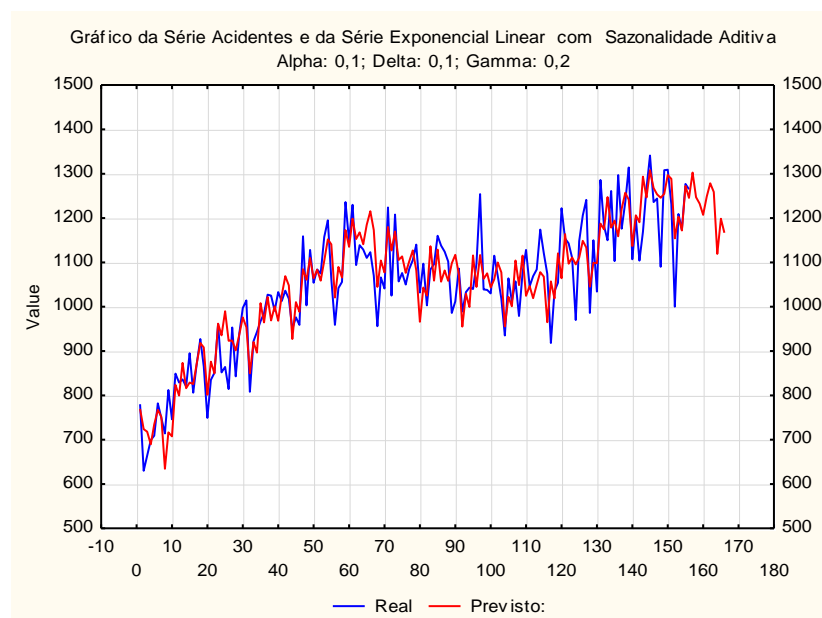
#### 4.8 – Modelo Exponencial com Sazonalidade Multiplicativa

Por fim na Tabela 10 temos o modelo Exponencial linear com sazonalidade Multiplicativa-Winters, no qual encontramos o MAPE 4,66 e valores para os parâmetros  $\alpha = 0,1$ ,  $\delta = 0,2$  e  $\Delta = 0,1$ .

**Tabela 10 - Modelo Exponencial com Sazonalidade Multiplicativa**

Alfa	Delta	Gama	Erro Médio	Soma dos Quadrados	Média dos Quadrados	Mape%
<b>0,10</b>	<b>0,10</b>	<b>0,20</b>	-4,69	570980,92	3660,13	4,66
0,10	0,10	0,10	-6,75	585406,85	3752,61	4,67
0,20	0,10	0,10	-3,85	568767,77	3645,95	4,67

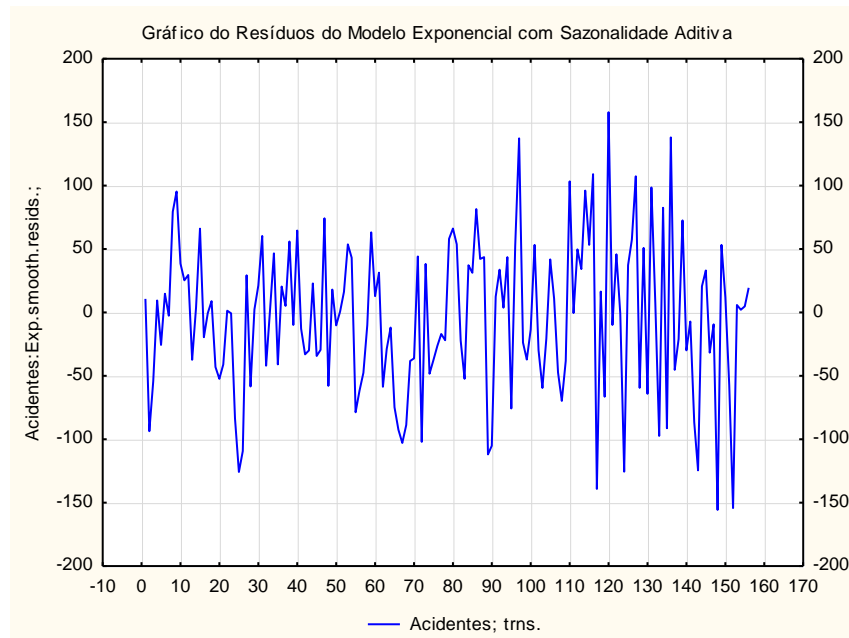
Comparando os valores encontrados no MAPE nas tabelas 2,3,4,5,6,7,8 e 9, optamos como melhor modelo a série Exponencial Linear com Sazonalidade Aditiva, com fatores de amortecimento  $\alpha=0,1$ ,  $\delta=0,2$  e  $\Delta=0,1$ .



**Figura 2: Do modelo real e previsto do Modelo Exponencial com Sazonalidade Aditiva**

Na Figura 2 encontra-se o modelo real e o previsto, na série real observa-se alguns pontos de picos, observa-se o modelo real e previsto após a escolha do melhor modelo.

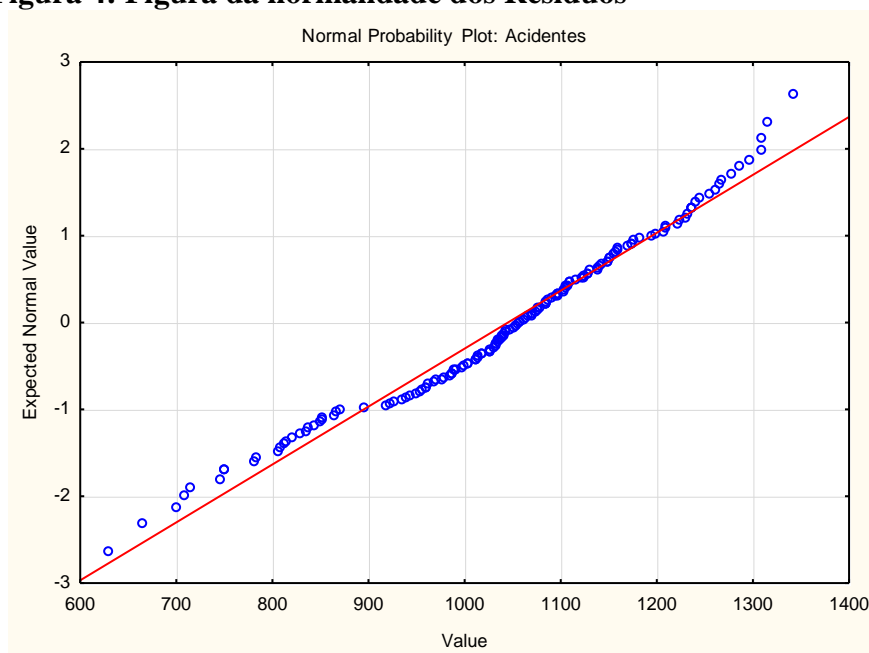
Na Figura 3, observa-se a série seguindo constante no eixo zero, com poucos outliers, ou seja, os dados da serie não se encontram distantes, como podemos ver.



**Figura 3: Resíduos do Modelo exponencial Aditivo**

A série tende a ser normal, no Figura 4 ilustra a normalidade onde a série , segue a figura.

**Figura 4: Figura da normalidade dos Resíduos**



**Figura 4: Figura da normalidade dos Resíduos**





## 7. CONCLUSÕES

As análises permitem tecer alguns comentários a respeito do resultado da análise da série.

Realizou-se análises descritivas na série, comparando os meses como referência o mês de Fevereiro obteve menor número de acidentes com 943 casos em média e no ano de 2000 o menor número de casos registrados com 710 registros em média, para o desvio padrão relacionado ao mês obteve-se 49,97 já analisando de acordo com o ano 183,64, os menores valores para o coeficiente de correlação está situado no ano 2000 e no mês de Fevereiro demonstrando assim a sua homogeneidade.

É de suma importância escolher bem a série pois todo o processo de previsão de tal escolha, analisando a série percebe-se que os valores flutuam em torno de um valor fixo. Fazendo uma análise do trabalho em Ajustamento Exponencial, a série que melhor se ajusta ao modelo foi a série Exponencial com Sazonalidade Aditiva este modelo se mostrou melhor após a análise do MAPE 4,66% e valores de amortecimento  $\alpha=0,1$ ,  $\delta=0,2$  e  $\Delta=0,1$ , assim o modelo mostrou o que possui uma tendência, mesmo que inicialmente não estivesse visível.

Percebe-se que o número de acidentes segue um constante durante o ano, tendo um leve aumento no ocorrido em épocas de férias como nos meses de Janeiro, Julho e Dezembro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARITA, H. H. e DIAS, M. H. A. Análise comparativa dos métodos de ajustamento sazonal X-11 e X-11-ARIMA: uma aplicação numa série temporal econômica brasileira. **XXII EBE**, Campinas, Dezembro, 2000.
- CONCEIÇÃO, GUILHERME Rocha, *Principais iniciativas para segurança operacional no transportes aéreo*, 2010.
- COSTA, Fernando Hippólito da. *Augusto Severo - Um pioneiro na conquista do espaço*. [S.l.]: Sebo vermelho, 2004.
- COSTA, Fernando Hippólito da. *Santos-Dumont, História e Iconografia*. [S.l.]: INCAER, 1982.
- <http://betocarva.blogspot.com.br/2010/02/corra-que-chuva-esta-chegando.html>> Consultado no dia 08 de Agosto de 2014
- COSTA, Fernando Hippólito da. *Síntese Cronológica da Aeronáutica Brasileira (1685-1941)*. [S.l.]: INCAER, 2003.
- MARTINS Maria. *Introdução à Inferência Estatística*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa: “s n.”, 2006.
- MEDRI, Waldir. *Análise Exploratória de Dados*. Universidade Federal de Londrina: “s n.”, 2011.
- SOUTO, Daise; RUSSO, Suzana. Verificação da Normalidade da Série de Nascimentos no Município de Santo Ângelo através da estatística Não Paramétrica. Santo Ângelo: URI, 2000.
- SOARES, Jose F. Alfredo A Farias, Cibele c. cesar, 1991, Introdução a estatística
- SILVA, E.M. & Gonçalves, V. Estatística. Ed. Atlas. São Paulo. 1996
- 2000.
- MORETTIN, P. A., TOLOI, C. M. C., 2006, *Análise de séries temporais*. São Paulo: Edgard Blucher.
- [www.unifae.br/publicacoes/pdf/empresarial/1-5.pdf](http://www.unifae.br/publicacoes/pdf/empresarial/1-5.pdf) .> Consultado no dia 09 de Agosto de 2014
- [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/l7565.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l7565.htm) > Consultado no dia 09 de Agosto de 2014

